

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050554

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G11C13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G11C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
X	US 4 177 475 A (HOLMBERG SCOTT H) 4 December 1979 (1979-12-04) cited in the application column 5, lines 13-46 column 5, line 66 - column 6, line 4; figures 3,4B	1-3,5,7, 9-19
A	US 4 115 872 A (BLUHM VERNON A) 19 September 1978 (1978-09-19) column 3, lines 3-68; figure 2	1-19
A	US 5 363 329 A (TROYAN EUGENIY) 8 November 1994 (1994-11-08) cited in the application column 5, line 13 - column 6, line 5; figure 1	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of box C

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents.

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 April 2005

Date of mailing of the international search report

27/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gaertner, W

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4177475	A	04-12-1979	BR 7806710 A	08-05-1979
			DE 2845289 A1	07-06-1979
			FR 2407572 A1	25-05-1979
			GB 2007020 A ,B	10-05-1979
			JP 1334980 C	11-09-1986
			JP 54088739 A	14-07-1979
			JP 60057708 B	16-12-1985
US 4115872	A	19-09-1978	BE 862625 A1	02-05-1978
			BR 7803207 A	13-03-1979
			CA 1124857 A1	01-06-1982
			DE 2822264 A1	14-12-1978
			FR 2393398 A1	29-12-1978
			GB 1599075 A	30-09-1981
			IT 1096139 B	17-08-1985
			JP 1489160 C	23-03-1989
			JP 53148933 A	26-12-1978
			JP 63031955 B	27-06-1988
			NL 7804961 A ,B,	04-12-1978
			SE 423654 B	17-05-1982
			SE 7805554 A	01-12-1978
US 5363329	A	08-11-1994	NONE	

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G11C13/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G11C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no des revendications visées
X	US 4 177 475 A (HOLMBERG SCOTT H) 4 décembre 1979 (1979-12-04) cité dans la demande colonne 5, ligne 13-46 colonne 5, ligne 66 - colonne 6, ligne 4; figures 3,48 -----	1-3,5,7, 9-19
A	US 4 115 872 A (BLUHM VERNON A) 19 septembre 1978 (1978-09-19) colonne 3, ligne 3-68; figure 2 -----	1-19
A	US 5 363 329 A (TROYAN EUGENIY) 8 novembre 1994 (1994-11-08) cité dans la demande colonne 5, ligne 13 - colonne 6, ligne 5; figure 1 -----	1-19

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités.

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 avril 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gaertner, W

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4177475	A	04-12-1979	BR 7806710 A	08-05-1979
			DE 2845289 A1	07-06-1979
			FR 2407572 A1	25-05-1979
			GB 2007020 A , B	10-05-1979
			JP 1334980 C	11-09-1986
			JP 54088739 A	14-07-1979
			JP 60057708 B	16-12-1985
<hr/>				
US 4115872	A	19-09-1978	BE 862625 A1	02-05-1978
			BR 7803207 A	13-03-1979
			CA 1124857 A1	01-06-1982
			DE 2822264 A1	14-12-1978
			FR 2393398 A1	29-12-1978
			GB 1599075 A	30-09-1981
			IT 1096139 B	17-08-1985
			JP 1489160 C	23-03-1989
			JP 53148933 A	26-12-1978
			JP 63031955 B	27-06-1988
			NL 7804961 A , B,	04-12-1978
			SE 423654 B	17-05-1982
			SE 7805554 A	01-12-1978
<hr/>				
US 5363329	A	08-11-1994	AUCUN	

**ÉLÉMENT DE MÉMOIRE À CHANGEMENT DE PHASE À CYCLABILITÉ  
AMÉLIORÉE**

**DESCRIPTION**

**5    DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention est relative à un élément de mémoire à changement de phase apte à subir un grand nombre de cycles d'écriture. Cette aptitude est qualifiée de « cyclabilité ». Un tel élément de  
10 mémoire est réalisé à base de matériaux mémoire à changement de phase (c'est à dire apte à passer d'une phase amorphe à une phase cristalline et vice versa) et s'applique aux mémoires connues sous la dénomination anglo-saxonne de PC-RAM soit Phase-Change Random Access  
15 Memory soit mémoire vive à changement de phase.

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

Il existe de nombreux types de mémoires et leur emploi est fonction des applications et des performances visées. Lorsque des temps d'écriture  
20 ultra-rapides sont requis, on fait appel aux mémoires SRAM (abréviation de static random access memory ou mémoire vive statique) constituées par l'agencement de plusieurs transistors. Les principaux inconvénients de ces mémoires sont qu'elles sont volatiles (c'est à dire  
25 dont le contenu est perdu lorsque l'alimentation électrique est coupée) et que la taille de l'élément de mémoire est relativement grande, ce qui ne permet pas une grande capacité de stockage sur une surface réduite. Pour une plus grande capacité de stockage, on  
30 utilise les mémoires DRAM (abréviation de dynamic

random acces memory pour mémoire vive dynamique) dans lesquelles les charges électriques sont stockées sur une capacité. Ces mémoires sont également volatiles, le temps de rétention de l'information étant de l'ordre de  
5 quelques dizaines de microsecondes.

Pour des applications qui nécessitent un stockage de l'information même lorsque l'alimentation électrique est coupée, on utilise des mémoires EEPROM ou FLASH. Le principe de ces mémoires repose sur le  
10 stockage de charges électriques sur la grille flottante de transistors à effet de champ. Chaque élément de mémoire est constitué d'un ou plusieurs composants semi-conducteurs. La tendance actuelle est de réduire la taille de ces composants, ce qui engendre une  
15 diminution du signal de lecture et une diminution de la durée de rétention de l'information. En conséquence, la densité de ce type de mémoire est limitée. De plus, ces mémoires présentent des temps d'écriture relativement  
20 longs, par exemple de l'ordre de la milliseconde, car c'est le temps nécessaire pour que les électrons passent sous la grille flottante par effet tunnel. Ces mémoires présentent aussi un nombre de cycles d'écriture limité (de l'ordre de  $10^6$ ). En effet la rétention d'informations diminue au fur et à mesure des  
25 cycles d'écriture à cause du fait qu'il se crée des défauts dans la couche d'oxyde de grille ce qui permet aux électrons de s'échapper de la grille flottante.

De nouveaux concepts de mémoires non volatiles, réinscriptibles sont en développement. Ces  
30 mémoires utilisent des matériaux mémoire tels que des matériaux ferro-électriques (mémoires FERAM), des

matériaux magnétiques (mémoires MRAM), des matériaux à  
changement de phase tels que des chalcogénures  
notamment à base de tellure qui peuvent passer d'une  
phase amorphe à une phase cristalline et vice versa  
5 (mémoires PC-RAM).

Le principe de fonctionnement des mémoires  
PC-RAM repose donc sur la transition amorphe-cristal  
d'un matériau à changement de phase placé en sandwich  
entre deux contacts électriques. Chacun de ces contacts  
10 appartient généralement à un conducteur, et le matériau  
à changement de phase se trouve à la croisée entre deux  
conducteurs qui sont sensiblement perpendiculaires. Une  
mémoire comporte plusieurs éléments de mémoire ainsi  
formés.

15 Dans ce type de mémoire, le signal de  
lecture résulte de la différence de résistivité  
électrique entre les deux phases.

L'écriture se fait de manière thermique et  
électrique. L'application d'une impulsion électrique  
20 d'écriture de quelques nanosecondes entre les deux  
contacts électriques provoque, par effet Joule, la  
fusion du matériau à changement de phase initialement  
cristallin. L'arrêt de l'impulsion provoque une trempe  
rapide qui conduit à la phase amorphe du matériau à  
25 changement de phase (état fortement résistant ou non-  
conducteur). Le retour à l'état initial se fait en  
appliquant entre les deux contacts une impulsion de  
plus faible intensité et de durée de l'ordre de la  
dizaine de nanosecondes. Cette impulsion provoque la  
30 cristallisation du matériau à changement de phase (état  
faiblement résistant ou conducteur).

Un avantage de ces mémoires de type PC-RAM est que leur temps d'écriture est très petit (de l'ordre de quelques nano-secondes) et bien plus petit que celui des mémoires EEPROM (de l'ordre de quelques millisecondes). Un autre attrait de ces mémoires PC-RAM est leur grande cyclabilité (de l'ordre de  $10^{12}$ ) et bien plus grande que celle des mémoires de type EEPROM (de l'ordre de  $10^6$ ). Ces mémoires vieillissent bien.

On cherche à augmenter encore la cyclabilité des mémoires de type PC-RAM au-delà de  $10^{14}$  et donc à améliorer aussi leur durée de vie de manière à ce qu'elles puissent concurrencer les mémoires de type DRAM qui ont comme défauts d'être volatiles.

Lorsqu'un élément de mémoire à changement de phase arrive en fin de vie, on note d'abord une instabilité de la valeur de la résistivité du matériau à changement de phase, lorsqu'il est dans sa phase amorphe, ce qui affecte les opérations d'écriture, puis une impossibilité de cristallisation du matériau ce qui rend impossible un retour à l'état initial.

Les brevets américains dont les numéros suivent illustrent des exemples de mémoires de type PC-RAM : US-4 177 475, US-5 363 329, US 5-414 271. Ces documents préconisent d'insérer entre les deux contacts électriques, des régions de matériau à changement de phase de composition graduelle ou multicouche dans le but de réduire des phénomènes d'électromigration entre contact électrique et matériau à changement de phase, ce qui permet de diminuer la dérive de la résistivité au cours du temps.



Dans le brevet US 4 177 475 en particulier, entre les deux contacts électriques se trouve un empilement de trois couches, réalisées à base de germanium et de tellure, mais toutes de compositions différentes. La couche centrale est active, c'est elle qui va fondre et passer de l'état amorphe à l'état cristallin et vice versa. Les couches extrêmes de l'empilement servent à pallier, au cours des cycles, l'évolution du seuil de tension assurant la transition entre l'état fortement résistant et l'état conducteur.

Ces structures qui visent à augmenter la cyclabilité ne permettent pas de délimiter et de stabiliser la quantité de matériau fondu et rendu amorphe au cours des cycles. Il s'en suit des variations de l'étendue de la zone fondue et des difficultés de reproductibilité de la valeur de la résistance au cours des cycles d'écriture d'un même élément de mémoire ou bien au cours d'un même cycle d'écriture d'un élément de mémoire à un autre.

La figure 4A du brevet US-4 177 475 illustre le fait que, compte tenu des compositions différentes de la couche centrale et des deux couches extrêmes, il se produit une interdiffusion des composants des couches extrêmes et de la couche centrale. Même si les couches extrêmes ne changent pas ou pas totalement d'état lors d'une opération d'écriture, elles ne sont pas pour autant passives, leur interface avec la couche centrale n'est pas inerte d'un point de vue physico-chimique. Plus le nombre de cycles d'écriture augmente plus la composition de l'empilement tend vers une composition unique voisine

de celle de l'eutectique qui est aussi celle de la couche centrale initialement.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

5                   La présente invention a pour but de proposer un élément de mémoire de type à changement de phase à cyclabilité et vieillissement améliorés, mais ne présentant pas les limitations et difficultés évoquées ci-dessus.

10                   Plus précisément, un but de l'invention est de proposer un élément de mémoire à changement de phase dans lequel la quantité du matériau mémoire à changement de phase qui fond et devient amorphe est délimitée et stabilisée sous l'effet des impulsions  
15 d'écriture.

                  Un autre but de l'invention est de proposer un élément de mémoire à changement de phase dont la valeur de la résistance du matériau mémoire à changement de phase reste sensiblement constante au  
20 cours du temps ou reste sensiblement constante par rapport à celle d'un élément de mémoire voisin lorsque plusieurs éléments de mémoire sont associés dans une mémoire.

                  Encore un autre but de l'invention est d'obtenir un confinement latéral de la quantité de  
25 matériau mémoire à changement de phase fondu sous l'effet des impulsions d'écriture.

                  Encore un autre but de l'invention est de proposer un élément de mémoire à changement de phase à  
30 sensibilité améliorée aux impulsions d'écriture et à consommation d'énergie réduite.

Encore un autre but de l'invention est de proposer un élément de mémoire à changement de phase pour lequel le signal de lecture ne se dégradera pas ou quasiment pas dans le temps.

5           Enfin un autre but de l'invention est de proposer un élément de mémoire à changement de phase à vitesse d'écriture accrue.

          Pour y parvenir la présente invention est un élément de mémoire à changement de phase comportant  
10   entre deux contacts électriques une partie en matériau mémoire à changement de phase amorphe-cristal et vice versa, en forme d'empilement, avec une zone centrale située entre deux zones extrêmes. Selon l'invention, une interface inerte ou quasi inerte d'un point de vue  
15   physico-chimique est présente entre la zone centrale dite active et chaque zone extrême dite passive, chaque zone extrême passive étant réalisée dans un matériau possédant une température de fusion supérieure à celle du matériau de la zone centrale active.

20           Par équilibre ou quasi équilibre physico-chimique entre deux phases, on entend l'équilibre qui est réalisé à une température donnée, lorsque le potentiel chimique de chaque constituant a la même valeur dans les deux phases en coexistence. Cet  
25   équilibre est physico-chimique car résultant d'une transformation physique entre les deux phases.

          Ainsi, avec cet empilement à interface inerte ou quasi inerte la quantité de matériau fondu lors d'une opération d'écriture est délimitée et  
30   stabilisée.

En vue d'améliorer la sensibilité de l'élément de mémoire lors de l'écriture et de réduire sa consommation d'énergie, chaque zone extrême passive est réalisée, de préférence, dans un matériau possédant  
5 une conductivité thermique inférieure ou égale à celle du matériau du contact électrique qui lui est le plus proche et/ou à celle du matériau de la zone centrale active.

De manière à éviter une dégradation du  
10 signal de lecture, les zones extrêmes passives peuvent avoir, dans une phase cristalline, une résistance électrique inférieure ou égale à celle de la zone centrale active lorsqu'elle est dans une phase cristalline.

15 En vue d'obtenir une vitesse d'écriture accrue, chaque zone extrême passive peut être réalisée dans un matériau favorisant un phénomène de formation de germes cristallins dans la zone centrale active à proximité de l'interface.

20 Il est possible que chaque zone extrême passive soit réalisée dans un matériau sensiblement de même nature chimique, mais de composition différente, que celles du matériau de la zone centrale active.

Le matériau de la zone centrale active peut  
25 comporter entre environ 16% et 30% de tellure et entre environ 84% et 70% d'antimoine, le matériau de chaque zone extrême passive étant de l'antimoine éventuellement mélangé à du tellure avec un pourcentage allant jusqu'à environ 2%, ces pourcentages étant des  
30 pourcentages atomiques.

Dans un autre mode de réalisation, chaque zone extrême passive peut être réalisée dans un matériau qui est de nature chimique différente de celle du matériau de la zone centrale active, ce matériau  
5 ayant une solubilité très faible dans le matériau de la zone centrale active.

Le matériau de la zone centrale active peut être du  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  et le matériau de chaque zone extrême passive du GeN.

10 Dans un but de simplification, les zones extrêmes passives peuvent être réalisées dans un même matériau.

Pour améliorer encore la stabilisation et la délimitation de la zone fondue, la zone centrale  
15 active peut être confinée au moins partiellement latéralement par du matériau électriquement isolant.

Au moins une des zones extrêmes passives peut déborder latéralement de la zone centrale active, le choix se faisant en fonction de la conductivité  
20 thermique du matériau qui la compose. Dans un autre mode de réalisation, au moins une des zones extrêmes passives et la zone centrale active coïncident latéralement.

Il est également possible qu'au moins une  
25 des zones extrêmes passives soit bordée par du matériau électriquement isolant.

La présente invention concerne aussi une mémoire à changement de phase qui comporte une pluralité d'éléments de mémoire ainsi définis.

30 La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'au moins un élément de mémoire

à changement de phase comportant, entre un premier et un second contacts électriques, une partie en matériau mémoire à changement de phase amorphe-cristal et vice versa, avec une zone centrale située entre une première et une seconde zones extrêmes. Le procédé comporte les étapes suivantes :

- a) réalisation d'un premier contact électrique sur un substrat,
- b) réalisation sur le premier contact électrique de la première zone extrême dite passive, de la zone centrale dite active et de la seconde zone extrême dite passive, ces zones formant un empilement possédant une interface, inerte ou quasi inerte d'un point de vue physico-chimique, entre chaque zone extrême passive et la zone centrale active qui est plus fusible que les zones extrêmes passives,
- c) réalisation d'un confinement latéral au moins partiel d'au moins la zone centrale active avec un matériau électriquement isolant,
- d) réalisation du second contact électrique sur l'empilement.

Les étapes b) et c) peuvent comprendre, après avoir réalisé la première zone extrême passive, les opérations suivantes :

- dépôt du matériau électriquement isolant conduisant au confinement latéral, sur la première zone extrême passive,
- creusement d'un puits dans le matériau électriquement isolant ayant un fond qui atteint la première zone extrême passive,

-remplissage du puits avec une couche conduisant à la zone centrale active,

-réalisation de la seconde zone extrême passive au-dessus du puits.

5           En variante, les étapes b) et c) peuvent comprendre les opérations suivantes :

-dépôt sur le premier contact électrique d'une première couche conduisant à la première zone extrême passive,

10           -dépôt sur la première couche d'une seconde couche conduisant à la zone centrale active,

-dépôt sur la seconde couche d'une troisième couche conduisant à la seconde zone extrême passive,

15           -délimitation en colonne des trois couches déposées pour former l'empilement,

-enrobage latéral de l'empilement avec un matériau électriquement isolant de confinement, ce matériau conduisant au confinement.

20           Dans un autre mode de réalisation, les étapes b) et c) peuvent comporter les opérations suivantes :

-dépôt sur la première zone extrême passive d'une couche conduisant à la zone centrale active,

25           -délimitation de la zone centrale active,

-enrobage latéral de la zone centrale active avec un matériau électriquement isolant, ce matériau conduisant au confinement,

30           -réalisation de la seconde zone extrême passive sur la zone centrale active.

**BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur  
5 lesquels :

les figures 1A et 1B sont des coupes d'éléments de mémoire selon l'invention ;

la figure 2 illustre un diagramme de phase du SbTe permettant d'expliquer le choix des matériaux de la partie à changement de phase d'un élément de mémoire selon l'invention ;  
10

les figures 3A, 3B sont des coupes d'un élément de mémoire de l'art antérieur et d'un élément de mémoire selon l'invention sur lesquelles la zone fondue est matérialisée ;  
15

les figures 4A à 4F illustrent un premier exemple de procédé de réalisation d'au moins un élément de mémoire selon l'invention ;

les figures 5A à 5F illustrent encore un autre exemple de procédé de réalisation d'éléments de mémoire selon l'invention ;  
20

les figures 6A à 6C illustrent certaines étapes d'une variante d'un procédé de réalisation d'éléments de mémoire selon l'invention ;  
25

les figures 7A à 7C illustrent certaines étapes d'une autre variante d'un procédé de réalisation d'éléments de mémoire selon l'invention.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après  
30



portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une  
5 échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va maintenant se référer à l'élément de  
10 mémoire à changement de phase conforme à l'invention tel que représenté sur la figure 1A ou sur la figure 1B. Cet élément de mémoire comporte deux contacts électriques 1, 2 espacés dont un est destiné à être porté à un potentiel plus positif que l'autre. Les deux  
15 contacts espacés 1, 2 sont séparés par une partie 3 en matériau mémoire à changement de phase de la famille des chalcogénures. Les contacts électriques 1, 2 sont destinés à être portés à des potentiels différents lors des cycles d'écriture de l'élément de mémoire. La  
20 partie 3 en matériau mémoire à changement de phase prend la forme d'un empilement avec une zone centrale 3.1 dite active prise en sandwich entre deux zones extrêmes 3.2, 3.3 dites passives. Il existe entre la zone centrale 3.1 et chacune des zones extrêmes 3.2,  
25 3.3 une interface référencée 3.21 et 3.31 respectivement. Selon l'invention, ces interfaces 3.21, 3.31 sont inertes ou quasi inertes d'un point de vue physico-chimique. La définition de l'interface inerte ou quasi inerte d'un point de vue physico-chimique a  
30 été explicitée précédemment.

La zone centrale active 3.1 est ainsi en contact direct avec chacune des zones extrêmes passives 3.2, 3.3. Cette structure est très simple. L'interface 3.21, 3.31 entre la zone centrale active 3.1 et chacune  
5 des zones extrêmes passives est la limite commune aux zones active et passive. Cette interface étant inerte ou quasi inerte il n'y a pas ou quasiment pas de mélange entre zone active et zone passive.

La zone centrale active 3.1 peut être  
10 confinée latéralement par une zone électriquement isolante 4. La zone centrale active 3.1 peut prendre la forme d'un plot borné latéralement par la zone électriquement isolante 4 par exemple en oxyde ou en nitrure d'un matériau semi-conducteur (par exemple  
15 oxyde ou nitrure de silicium) et borné à ses deux extrémités par les zones extrêmes actives 3.2, 3.3. Ce bornage latéral contribue à la bonne reproductibilité du volume de matériau mémoire fondu lors d'un cycle d'écriture.

20 Le plot peut avoir un diamètre inférieur à 1 micromètre et de préférence inférieur à un dixième de micromètre. L'épaisseur des contacts électriques 1, 2 peut être comprise entre 50 et 200  $10^{-9}$  mètre, l'épaisseur de la zone centrale active ainsi que  
25 l'épaisseur des zones extrêmes passives peuvent être comprises 20 et 200  $10^{-9}$  mètre.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1A, les zones extrêmes passives 3.2, 3.3 s'étendent latéralement au-delà de la zone centrale active 3.1.  
30 Elles prennent aussi en sandwich la zone électriquement isolante 4.

Dans une variante représentée à la figure 1B, la zone électriquement isolante 4 confine latéralement toute la partie 3 en matériau mémoire à changement de phase et pas seulement sa zone centrale active 3.1. Les zones extrêmes passives 3.2, 3.3 sont aussi bornées latéralement par la zone électriquement isolante 4. Le choix d'une structure plutôt qu'une autre dépend de la nature du matériau des zones extrêmes passives et de la facilité de réalisation technologique.

Une autre différence entre la figure 1A et la figure 1B est que sur la figure 1B sont représentés deux éléments de mémoire voisins d'une mémoire selon l'invention. Ces deux éléments de mémoire ont un contact électrique 1 commun (dans l'exemple le contact supérieur) alors que leur autre contact électrique 2 (le contact inférieur) leur est propre. Une telle mémoire comporte plusieurs éléments mémoire arrangés en réseau matriciel. Ainsi, dans cet exemple, les deux éléments de mémoire sont placés sur une même ligne du réseau matriciel mais pas sur une même colonne du réseau matriciel. Ces éléments mémoire sont regroupés sur un même substrat 10 de nature appropriée. Les contacts inférieurs 2 propres à chacun de éléments de mémoire sont séparés les uns des autres par du matériau électriquement isolant 5.

Chaque zone extrême passive peut être réalisée dans un matériau qui est sensiblement de même nature chimique mais de composition différente que celles du matériau de la zone centrale active.

Le choix des matériaux pour la partie en matériau mémoire à changement de phase se fait de préférence à l'aide d'un diagramme de phases présentant un eutectique tel que celui illustré sur la figure 2.

5 Ce diagramme permet de repérer les compositions en équilibre ou en quasi équilibre physico-chimique et qui conduisent donc aux interfaces inertes ou quasi inertes. Il est préférable dans un but de simplification que les deux zones extrêmes passives

10 soient réalisées dans un même matériau, bien sûr ce n'est pas une obligation d'autres choix sont possibles.

Le matériau mémoire de la zone centrale active peut comporter entre environ 16% et 30% de tellure (Te) et entre environ 84% et 70% d'antimoine (Sb), sa température de fusion est comprise entre

15 environ 550°C et 570°C. Le matériau mémoire des zones extrêmes passives doit avoir une température de fusion supérieure à celle du matériau actif et par exemple peut être de l'antimoine éventuellement mélangé à du

20 tellure jusqu'à environ 2%. Sa température de fusion est comprise entre 628°C et 631°C.

En se référant au diagramme de phase du Sb-Te présenté sur la figure 2, on s'aperçoit que l'équilibre ou le quasi équilibre physico-chimique peut

25 être obtenu avec comme matériau de la zone centrale active environ 23,1% d'antimoine et 76,9% de tellure dont la température de fusion est 547, 5°C et avec comme matériau des couches extrêmes passives un mélange antimoine tellure à 1,3% de tellure. La température de

30 fusion de la composition eutectique de ce mélange antimoine tellure est de 630,75°C.

En variante, chaque zone extrême passive peut être réalisée dans un matériau qui est de nature chimique différente de celle du matériau de la zone centrale active, ce matériau ayant un produit de solubilité très faible dans le matériau de la zone centrale active.

Pour illustrer cette variante, le matériau mémoire de la couche centrale active est du  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  dont la température de fusion est d'environ  $600^\circ\text{C}$  et le matériau mémoire des zones extrêmes passives est  $\text{GeN}$ .

Les proportions indiquées précédemment sont des pourcentage d'atomes.

En fait, pour déterminer le matériau constitutif de la couche active, l'homme du métier fait une sélection dans les matériaux connus pour réaliser les mémoires à changement de phase par exemple, tellure, germanium et antimoine. Pour que ce matériau ait une fusibilité maximale, sa composition est choisie voisine de l'eutectique à l'exception du germanium. Dans le cas d'un système plus complexe, c'est-à-dire comprenant plus de deux constituants, on prend comme matériau, pour la couche active, un matériau fusible et pour la couche passive, un matériau plus réfractaire, peu soluble dans la couche active et en équilibre physico-chimique. L'homme du métier procède par essais successifs pour choisir la composition des couches.

La couche passive peut être une céramique électriquement conductrice, par exemple un nitrure métallique, un carbure métallique.

Les contacts électriques peuvent être réalisés à base de cuivre, d'or, d'argent, de molybdène par exemple.

Des études générales sur les matériaux à  
5 changement de phase ont établi que les transitions de phase amorphe à phase cristal et vice versa étaient des transitions polymorphes, c'est à dire sans changement de composition.

Dans le processus de fusion suivi de  
10 l'amorphisation par hyper-trempe, un unique matériau mémoire à changement de phase se comporte comme un constituant pur. Au cours de la fusion du matériau mémoire à changement de phase soumis à une impulsion électrique appropriée, il se produit un déplacement  
15 rapide d'une interface liquide-solide et la vitesse de l'interface est contrôlée par le flux de chaleur produit par effet Joule. Cette vitesse est de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres par seconde. Le retard à la fusion après l'application de l'impulsion  
20 électrique est extrêmement faible en comparaison du taux de surfusion du liquide obtenu pendant l'étape de trempe conduisant au matériau amorphe.

Dans le cas des éléments de mémoire à  
changement de phase de l'art antérieur, les transitions  
25 sont toujours polymorphes car elles résultent de la vitesse extrême de montée en température lors de l'application d'une impulsion visant à fondre la zone en matériau mémoire. La fusion du matériau mémoire à changement de phase est congruente, c'est à dire sans  
30 changement de composition lors du passage de la phase solide à la phase liquide. Si la fusion du matériau à

changement de phase n'était pas congruente la diffusion imposée par le diagramme de phases et conduisant à une ségrégation ne pourrait s'accomplir.

Une vitesse élevée de déplacement de  
5 l'interface au cours de la fusion est défavorable à la reproductibilité, au cours des cycles d'écriture de la quantité de matériau mémoire à changement de phase fondu et ce qui est équivalent de la quantité de matériau mémoire à changement de phase rendu amorphe.  
10 Cette quantité varie de manière significative en réponse aux variations de la puissance électrique injectée. Ainsi donc la résistance électrique de la zone en matériau mémoire à changement de phase varie.

Selon l'invention, avec l'empilement formé  
15 de la zone centrale active et des deux zones extrêmes passives, on délimite et on stabilise la quantité de matériau mémoire à changement de phase fondu. On la cantonne à sensiblement la zone centrale car évidemment on ne peut empêcher la fusion congruente du matériau  
20 mémoire à changement de phase. La reproductibilité de la quantité de matériau fondu est obtenue avec cet empilement tricouche.

Le matériau mémoire des zones extrêmes peut être de même nature chimique que celui de la zone  
25 centrale mais de composition différente (voir premier exemple donné précédemment). Ce matériau est en équilibre ou en quasi équilibre avec le matériau de la zone centrale passive. Sa température de fusion est supérieure à celle du matériau de la zone centrale  
30 active, c'est-à-dire qu'il est plus réfractaire que le matériau de la zone centrale active. Le matériau

mémoire des zones extrêmes restera totalement ou quasi totalement cristallin au cours des cycles d'écriture. Il ne fondra pas ou pratiquement pas.

Dans l'autre mode de réalisation, le  
5 matériau de chaque zone extrême passive est de nature différente de celle du matériau de la zone centrale active. Il aura une solubilité très faible dans le matériau de la zone centrale active. La température de fusion du matériau des zones extrêmes passives est  
10 toujours supérieure à celle du matériau de la zone centrale active, autrement dit il est plus réfractaire que le matériau de la zone centrale active. Le matériau mémoire des zones extrêmes restera totalement ou quasi totalement cristallin aux cours des cycles d'écriture.  
15 Il ne fondra pas ou pratiquement pas.

Si de manière exceptionnelle et par exemple accidentelle, due à la défaillance de réalisation de l'élément de mémoire, qui génère une surpuissance sur les contacts électriques entraînant, par augmentation  
20 de la température de l'interface une fusion partielle d'au moins une zone extrême passive de la partie en matériau mémoire à changement de phase, les inventeurs se sont aperçus qu'au cours de la fusion, l'interface inter-zone se déplace extrêmement peu. Dans le cas d'un  
25 excès de puissance crête, celle-ci ne peut se déplacer que par diffusion d'un des constituants dans la zone fondue. La vitesse de l'interface n'est alors seulement que de quelques mètres par seconde, vitesse beaucoup plus faible que celle d'une transformation polymorphe  
30 qui est de l'ordre de quelques dizaines de mètres par seconde. Le contrôle par diffusion en cas de



surpuissance stabilise, lors de l'étape de fusion, la position de l'interface entre la zone centrale active et chacune des zones extrêmes passives et donc le contraste de résistivité. On assure ainsi la reproductibilité de la résistance.

Pour que cet effet stabilisant soit optimal, on cherche à ce que l'impulsion de lecture ait une puissance suffisante pour fondre la totalité du matériau de la zone centrale active. Si ce n'est pas le cas, on risque d'engendrer une fluctuation de contraste en résistance car les fluctuations de zone fondue couvrent des petites quantités de matériau à changement de phase à l'interface entre la zone centrale active et chacune des zones extrêmes passives. Il est même préférable de disposer d'une puissance légèrement excédentaire, ce qui ne menace pas la constance de la quantité fondue et donc rendue amorphe en raison de la stabilité positionnelle de l'interface entre la zone centrale active et chacune des zones extrêmes passives comme exposé précédemment.

Les figures 3A, 3B représentent en coupe des modélisations, d'une part d'un élément de mémoire de l'art antérieur comportant entre deux contacts électriques 21, 22 une partie 20 en matériau mémoire à changement de phase monocouche, et d'autre part, d'un élément de mémoire selon l'invention comportant entre deux contacts électriques 1, 2, une partie 3 en matériau mémoire à changement de phase tricouche. Ces éléments mémoire sont portés par un substrat 14 par exemple en silicium et sont protégés à leur sommet par une couche de protection 15 par exemple en nitrure de

silicium. Les parties en matériau mémoire à changement de phase sont confinées latéralement par de l'isolant comme décrit précédemment. Pour une même puissance électrique dissipée dans la partie en matériau mémoire à changement de phase, sur la figure 3A seule une partie en chapeau de champignon de ladite zone a fondu (partie grisée), sur la figure 3B toute la zone centrale active a fondu. La partie fondue est aussi grisée.

On choisira de préférence pour réaliser chaque zone extrême passive, un matériau ayant une conductivité thermique faible. Elle sera inférieure ou égale à celle du matériau du contact électrique qui lui est le plus proche. Il est aussi préférable que cette conductivité thermique soit inférieure ou égale à celle du matériau de la zone centrale active. Le matériau de chaque zone extrême passive agit comme une barrière thermique entre le matériau de la zone centrale active et le contact électrique avoisinant. Le brevet US-5 933 365 et le brevet US-4 177 475 précédemment cités évoquent de telles barrières thermiques.

En plus de leur rôle thermique, ces barrières sont des barrières de diffusion entre la zone centrale active et les contacts électriques, elles permettent d'éviter des migrations d'éléments vers les contacts électriques.

Ainsi à puissance égale, la température atteinte dans l'empilement sera plus élevée que dans le cas où cette condition sur la conductivité thermique n'est pas remplie. Il en résulte qu'il faut moins de puissance pour fondre la totalité du matériau de la

zone centrale active et donc la sensibilité de l'élément de mémoire à l'impulsion d'écriture est améliorée et la consommation en énergie de l'élément de mémoire est réduite. Cette configuration a aussi pour  
5 avantage de rendre la sensibilité de l'élément de mémoire sensiblement constante au cours du temps.

Chaque zone extrême passive aura de préférence une résistance électrique inférieure ou égale à celle de la zone centrale active lorsqu'elle  
10 est dans son état le plus conducteur, c'est à dire dans son état cristallin. La présence des zones extrêmes passives n'affectera pas le contraste de résistivité. Ces zones extrêmes passives restent en totalité ou en quasi totalité cristallines lors d'une opération  
15 d'écriture de l'élément de mémoire. Ainsi il n'y aura pas de dégradation du signal de lecture au fur et à mesure des cycles d'écriture.

Pour accélérer la vitesse d'écriture de l'élément de mémoire, il est avantageux que le matériau  
20 de chaque zone extrême passive favorise la nucléation hétérogène de germes dans le matériau de la zone centrale active lorsqu'il est dans un état amorphe et donc accélère sa vitesse de cristallisation lors d'une transition de l'état amorphe à l'état cristallin. Ainsi  
25 le taux de nucléation hétérogène à l'interface est supérieur au taux de nucléation homogène dans le matériau de la zone centrale active. Cette condition est remplie lorsque le matériau de chaque zone extrême passive est de même nature que celle du matériau de la  
30 zone centrale active mais de composition différente.

Dans le cas où le matériau de chaque zone extrême passive est de nature différente de celui de la zone centrale active, ce phénomène peut se produire également dans certains cas, notamment lorsque le  
5 matériau des zones extrêmes passives est du GeN et le matériau de la zone centrale active du GeSbTe. On peut se référer aux explications données dans le document suivant : « Amorphisation and crystallisation mechanisms in GeSbTe-based phase change optical  
10 discs », B. Hyot et al., Journal of Magnetism Society of Japan, vol 25, n°3-2, 2001, pages 414-419.

On va maintenant décrire un exemple de procédé de fabrication d'au moins un élément de mémoire à changement de phase selon l'invention. On part d'un  
15 substrat 100 de nature appropriée par exemple en silicium. On réalise au-dessus un premier contact électrique 2 par exemple à base d'or, d'argent, d'aluminium, de cuivre par un procédé de dépôt par pulvérisation cathodique (figure 4A). Ce contact  
20 électrique 2 est destiné à être relié électriquement à un dispositif d'adressage (non représenté) lui-même relié à un autre dispositif qui va délivrer notamment des impulsions pour l'écriture de l'élément de mémoire.

On recouvre ce premier contact électrique 2  
25 d'une couche 3.2 de matériau mémoire à changement de phase (chalcogénure). Cette couche va former la première zone extrême passive. Ce dépôt peut se faire par exemple par pulvérisation cathodique.

On réalise au-dessus de la première zone  
30 extrême passive 3.2 une couche électriquement isolante 4 par exemple en oxyde ou en nitrure de silicium. Cette

couche électriquement isolante peut être réalisée par exemple par PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition soit dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma) (figure 4B).

5                   On réalise ensuite un puits 4.1 pour chaque élément de mémoire dans la couche électriquement isolante 4. Le fond de chaque puits s'arrête sur la couche de la première zone extrême passive 3.2. La réalisation de ce puits 4.1 peut se faire par gravure  
10 RIE (reactive ion etching soit gravure ionique réactive) (figure 4C). C'est dans ce puits 4.1 que va prendre place la zone centrale active 3.1. Le puits 4.1 permet de confiner au moins partiellement latéralement la zone centrale active 3.1.

15                   On dépose dans chaque puits 4.1 une couche de chalcogénure servant de zone centrale active 3.1. Elle peut déborder autour du puits 4.1. On la recouvre d'une autre couche de chalcogénure servant de seconde zone extrême passive 3.3. Ces dépôts, par exemple de  
20 compositions similaires à celles citées dans le premier exemple, peuvent se faire par exemple par pulvérisation cathodique. On structure ensuite le contour de ces deux couches 3.1, 3.3 (figure 4D). Elles peuvent s'étendre latéralement au-delà des puits 4.1.

25                   On réalise ensuite un second contact électrique 1 au-dessus de chaque puits 4.1 rempli (figure 4E). Sa réalisation peut être similaire à celle du premier contact électrique 2.

30                   Une couche de protection 15 peut ensuite être déposée sur chaque second contact électrique 1 et autour. Une telle couche par exemple en nitrure de

silicium peut être déposée par PECVD (figure 4F). Cette étape est facultative.

Un tel procédé de réaliser simultanément plusieurs éléments de mémoire sur le même substrat et donc une mémoire selon l'invention. Dans ces exemples les contacts électriques sont communs à plusieurs éléments mémoire réalisés sur le substrat 100, ils font partie de conducteurs électriques agencés en deux réseaux qui se croisent.

En variante, il est possible de structurer la couche conduisant à la première zone extrême passive de chacun des éléments de mémoire réalisés simultanément au lieu de la garder continue (figures 4). On se réfère aux figures 5A à 5F. On part d'un substrat 100 recouvert d'un premier contact électrique 2 similaire à celui représenté sur la figure 4A. On suppose que les procédés de dépôt et de gravure sont similaires à ceux cités précédemment.

On recouvre ce premier contact électrique 2 de matériau mémoire à changement de phase qui va former la première zone extrême passive 3.2 de chaque élément de mémoire. Le premier contact électrique est commun aux deux éléments qui vont être représentés sur ces figures. On grave le matériau mémoire pour délimiter le contour de chaque première zone extrême passive 3.2 (figure 5A).

On recouvre l'ensemble de matériau électriquement isolant 4. On grave dans le matériau électriquement isolant 4 un puits 4.1 au-dessus de chacune des premières zones extrêmes passives 3.2

(figure 5B). Le fond des puits 4.1 atteint le matériau des premières zones extrêmes passives 3.2.

On dépose dans chacun de ces puits 4.1, le matériau mémoire des zones centrales actives 3.1  
5 (figure 5C). Ce matériau peut dépasser latéralement au-delà des puits 4.1.

On réalise ensuite les secondes zones extrêmes passives 3.3 en déposant au dessus des puits 4.1 du matériau à changement de phase passif et en le  
10 gravant pour délimiter leur contour qui peut s'étendre latéralement au-delà des puits 4.1 (figure 5D).

On réalise ensuite les seconds contacts électriques 1, il y en a un au-dessus de chacune des secondes zones extrêmes passives 3.3. On effectue un  
15 dépôt conducteur et une étape de gravure pour délimiter leur contour (figure 5E).

On recouvre ensuite l'ensemble d'une couche de protection 15 (figure 5F). Cette étape est facultative.

20 Encore une autre variante d'un procédé de réalisation d'au moins un élément de mémoire conforme à l'invention va être décrit en se référant aux figures 6A à 6C.

On part d'un substrat 100 recouvert d'un  
25 premier contact électrique 2 similaire à celui représenté sur la figure 4A.

On dépose successivement sur le premier contact électrique 2 un empilement de couches avec une première couche 101 conduisant pour chaque élément de  
30 mémoire à la première zone extrême passive, une seconde couche 102 conduisant à la zone centrale active, une

troisième couche 103 conduisant à la seconde zone extrême passive (figure 6A). On va ensuite structurer cet empilement, en lui donnant la forme d'une colonne 6 (par élément de mémoire), de manière à faire apparaître l'empilement des zones extrêmes passives et de la zone centrale active (figure 6B). On peut réaliser une gravure par exemple de type IEB (ion beam etching soit gravure ionique).

On va ensuite enrober les colonnes 6 de matériau électriquement isolant 4. On peut déposer ce matériau par exemple par PECVD. Le matériau électriquement isolant 4 peut être par exemple de l'oxyde de silicium ou du nitrure de silicium. On planarise ensuite le matériau électriquement isolant 4 en mettant à nu les secondes zones extrêmes passives 3.3 (figure 6C).

On réalise ensuite les seconds contacts électriques 1. On peut procéder de la même manière qu'à l'étape illustrée à la figure 4E.

Il est ensuite possible, comme illustré à la figure 4F, de déposer une couche de protection 15 sur l'ensemble obtenu.

Une variante du procédé ainsi décrit peut consister au lieu de réaliser l'empilement sous forme de colonne de réaliser seulement la zone centrale active sous forme de colonne.

Cette variante est illustrée aux figures 7A à 7C.

On part d'une structure telle que celle illustrée à la figure 5A ou celle illustrée à la figure 4A avec les premiers contacts électriques 2 et les



premières zones extrêmes passives 3.2. Pour ne pas multiplier les figures inutiles la suite du procédé se base sur la structure de la figure 5A.

5 On dépose au-dessus une couche 102 de matériau mémoire à changement de phase conduisant à la zone centrale active (figure 7A). On grave cette couche de manière à délimiter la zone centrale active 3.1 de chacun des éléments de mémoire (figure 7B).

10 On dépose ensuite une couche électriquement isolante 4 enrobant latéralement les premières zones extrêmes passives 3.2 et les zones centrales actives 3.1. On planarise cette couche électriquement isolante 4 de manière à mettre à nu le sommet des zones centrales actives 3.1 (figure 7C).

15 On procède ensuite comme expliqué à la figure 5D et suivantes.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents  
20 changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention notamment en ce qui concerne les manières de procéder pour réaliser les étapes de dépôt et de gravure.

## REVENDICATIONS

1. Elément de mémoire à changement de phase comportant entre deux contacts électriques (1, 2) une  
5 partie (3) en matériau mémoire à changement de phase amorphe-cristal et vice versa, en forme d'empilement avec une zone centrale (3.1) située entre deux zones extrêmes (3.2, 3.3), caractérisé en ce qu'une interface (3.21, 3.31) inerte ou quasi inerte d'un point de vue  
10 physico-chimique est présente entre la zone centrale dite active (3.1) et chaque zone extrême dite passive (3.2, 3.3), chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) étant réalisée dans un matériau possédant une température de fusion supérieure à celle du matériau de  
15 la zone centrale active (3.1).

2. Elément de mémoire à changement de phase selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) est réalisée dans un  
20 matériau possédant une conductivité thermique inférieure ou égale à celle du matériau du contact électrique (1, 2) qui lui est le plus proche et/ou à celle du matériau de la zone centrale active (3.1).

25 3. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les zones extrêmes passives (3.2, 3.3) ont, dans une phase cristalline, une résistance électrique inférieure ou égale à celle de la zone centrale active  
30 (3.1) dans une phase cristalline.

4. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) est réalisée dans un matériau favorisant un phénomène de formation de germes cristallins dans la zone centrale active (3.1) à proximité de l'interface (3.21, 3.31).

5. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) est réalisée dans un matériau étant sensiblement de même nature chimique, mais de composition différente, que celles du matériau de la zone centrale active (3.1).

6. Elément de mémoire à changement de phase selon la revendication 5, caractérisé en ce que le matériau de la zone centrale active (3.1) comporte entre environ 16% et 30% de tellure et entre environ 84% et 70% d'antimoine, le matériau de chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) étant de l'antimoine éventuellement mélangé à du tellure avec un pourcentage allant jusqu'à environ 2%, ces pourcentages étant des pourcentages atomiques.

7. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) est réalisée dans un matériau qui est de nature chimique différente de celle du matériau de la zone centrale active (3.1), ce matériau ayant une solubilité très faible dans le matériau de la zone centrale active (3.1).

8. Elément de mémoire à changement de phase selon la revendication 7, caractérisé en ce que le matériau de la zone centrale active (3.1) est du Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> et le matériau de chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) du GeN.

9. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les zones extrêmes passives (3.2, 3.3) sont réalisées dans un même matériau.

10. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la zone centrale active (3.1) est confinée au moins partiellement latéralement par du matériau électriquement isolant (4).

11. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'au moins une des zones extrêmes passives (3.2, 3.3) déborde latéralement de la zone centrale active (3.1).

12. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'au moins une des zones extrêmes passives (3.2, 3.3) et la zone centrale active (3.1) coïncident latéralement.

13. Elément de mémoire à changement de phase selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'au moins une des zones extrêmes passives (3.2, 3.3) est bordée par du matériau  
5 électriquement isolant (5, 4).

14. Mémoire caractérisée en ce qu'elle comporte une pluralité d'éléments de mémoire selon l'une des revendications 1 à 13.

10

15. Procédé de réalisation d'au moins un élément de mémoire à changement de phase comportant entre un premier et un second contacts électriques (1, 2) une partie (3) en matériau mémoire à changement de  
15 phase amorphe-cristal et vice versa, avec une zone centrale (3.1) située entre une première et une seconde zones extrêmes (3.2, 3.3), caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

a) réalisation du premier contact  
20 électrique (2) sur un substrat,

b) réalisation sur le premier contact électrique de la première zone extrême dite passive (3.2), de la zone centrale dite active (3.1) et de la seconde zone extrême dite passive (3.3), ces zones  
25 (3.1, 3.2, 3.3) formant un empilement (3) ayant une interface (3.21, 3.31) inerte ou quasi inerte d'un point de vue physico-chimique entre chaque zone extrême passive (3.2, 3.3) et la zone centrale active (3.1) qui est plus fusible que les zones extrêmes passives,

c) réalisation d'un confinement latéral au moins partiel d'au moins la zone centrale active (3.1) avec un matériau électriquement isolant (4),

d) réalisation du second contact électrique  
5 (1) sur l'empilement (3).

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le matériau électriquement isolant (4) confine latéralement également au moins une  
10 des zones extrêmes passives (3.2, 3.3).

17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que les étapes b) et c) comprennent, après avoir réalisé la première zone extrême passive  
15 (3.2), les opérations suivantes :

-dépôt du matériau électriquement isolant (4) conduisant au confinement latéral, sur la première zone extrême passive (3.2),

-creusement d'un puits (4.1) dans le  
20 matériau électriquement isolant, ce puits ayant un fond atteignant la première zone extrême passive (3.2),

-remplissage du puits (4.1) avec une couche conduisant à la zone centrale active (3.1),

-réalisation de la seconde zone extrême  
25 passive (3.3) au-dessus du puits (4.1).

18. Procédé selon l'une des revendications 15 ou 16, caractérisé en ce que les étapes b) et c) comportent les opérations suivantes :

-dépôt sur le premier contact électrique  
(2) d'une première couche (101) conduisant à la  
première zone extrême passive (3.2),

5 -dépôt sur la première couche (101) d'une  
seconde couche (102) conduisant à la zone centrale  
active (3.1),

-dépôt sur la seconde couche (102) d'une  
troisième couche (103) conduisant à la seconde zone  
extrême passive (3.3),

10 -délimitation en colonne des trois couches  
déposées pour former l'empilement,

-enrobage latéral de l'empilement avec un  
matériau électriquement isolant (4) de confinement, ce  
matériau conduisant au confinement.

15

19. Procédé selon la revendication 15,  
caractérisé en ce que les étapes b) et c) comportent  
les opérations suivantes :

20 -dépôt sur la première zone extrême passive  
(3.2) d'une couche conduisant à la zone centrale  
active,

-délimitation de la zone centrale active  
(3.1),

25 enrobage latéral de la zone centrale active  
(3.1) avec un matériau électriquement isolant (4), ce  
matériau conduisant au confinement,

-réalisation de la seconde zone extrême  
passive (3.3) sur la zone centrale active (3.1).

1 / 9

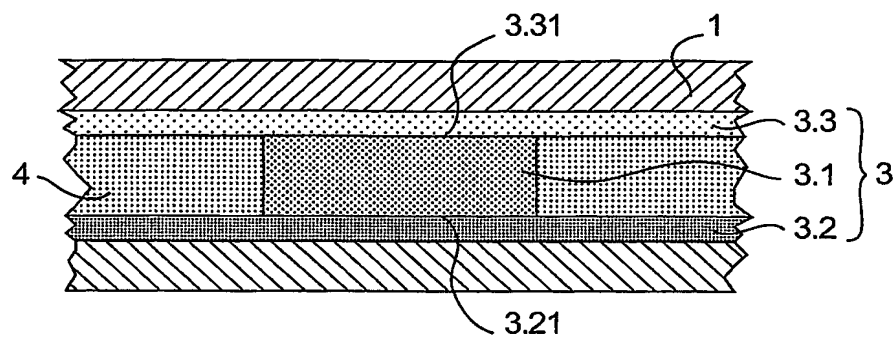


FIG. 1A

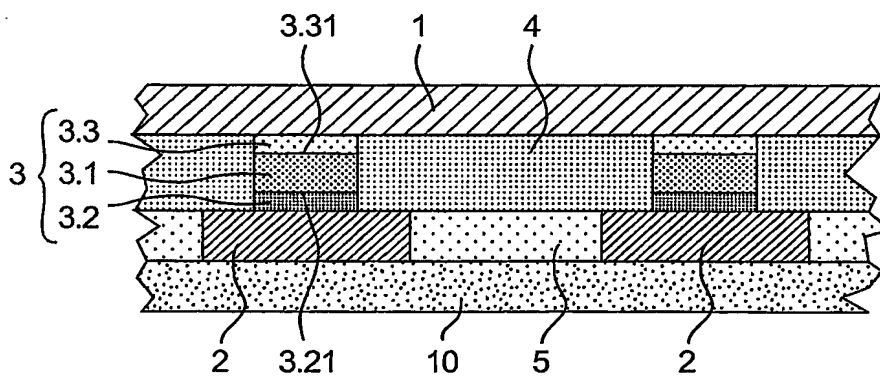


FIG. 1B



2 / 9

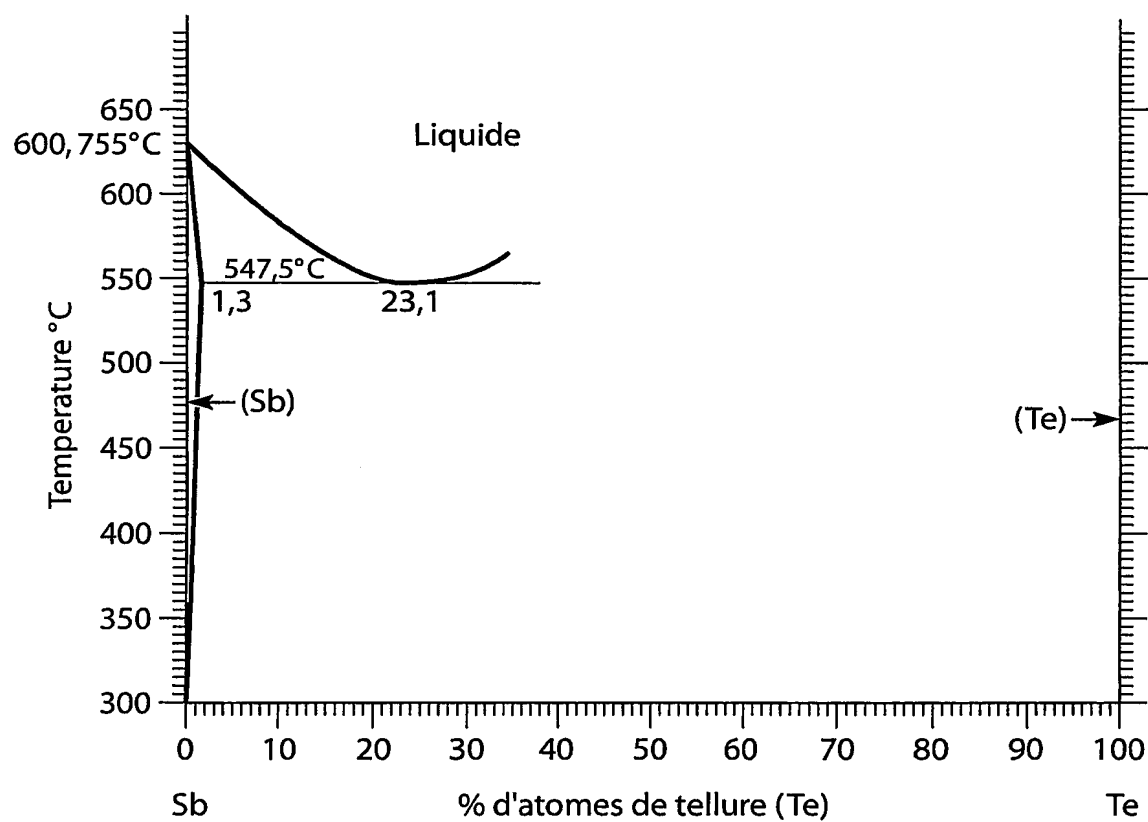


FIG. 2

3 / 9

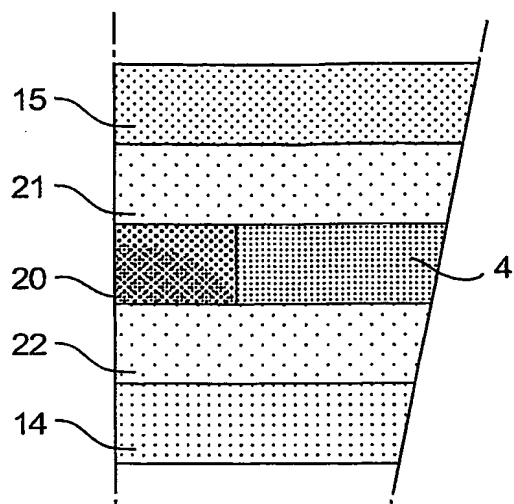


FIG. 3A

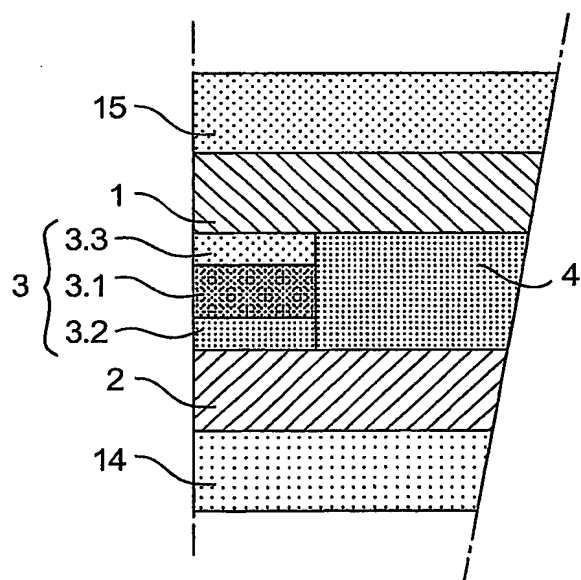


FIG. 3B

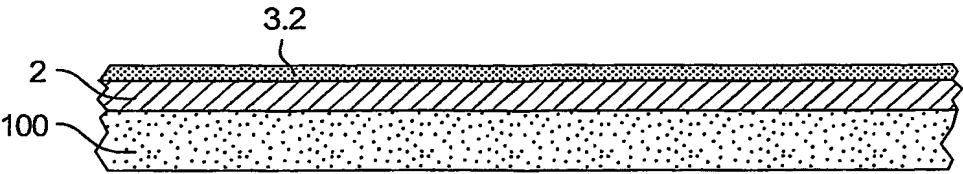


FIG. 4A

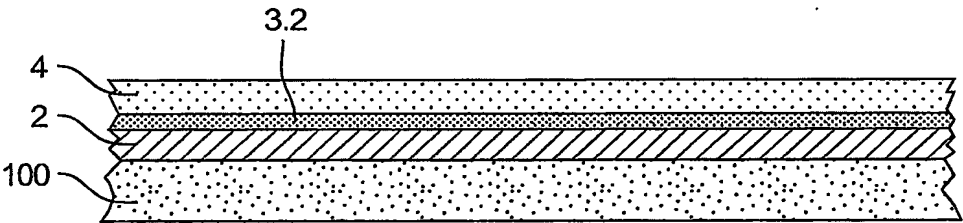


FIG. 4B

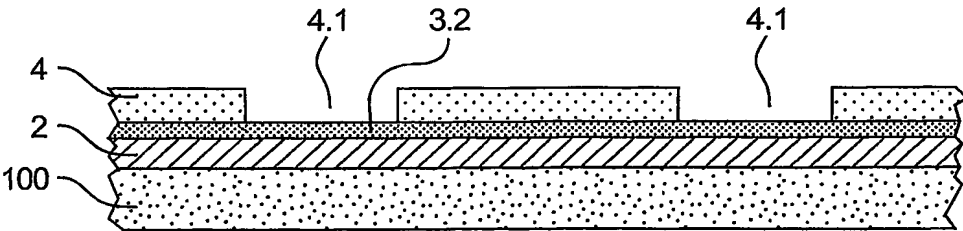


FIG. 4C

5 / 9

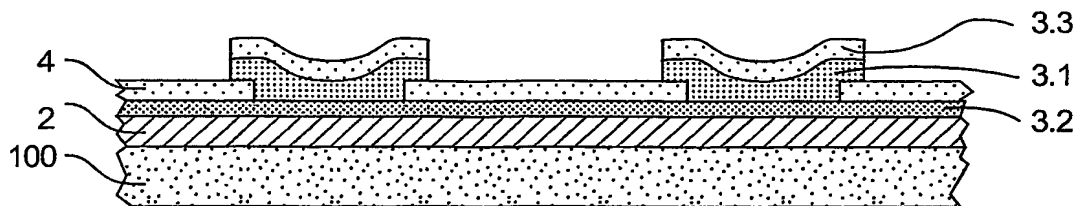


FIG. 4D

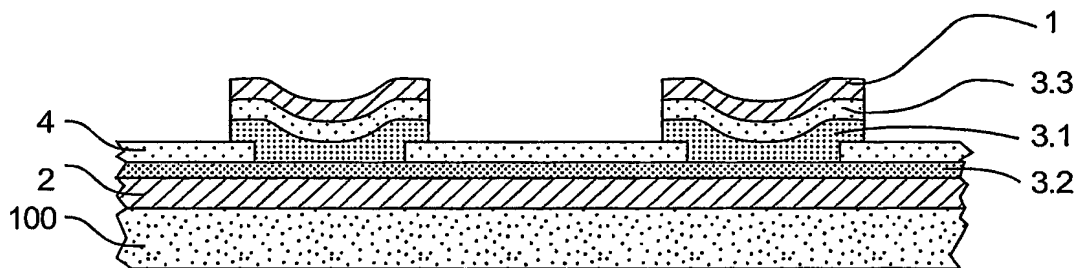


FIG. 4E

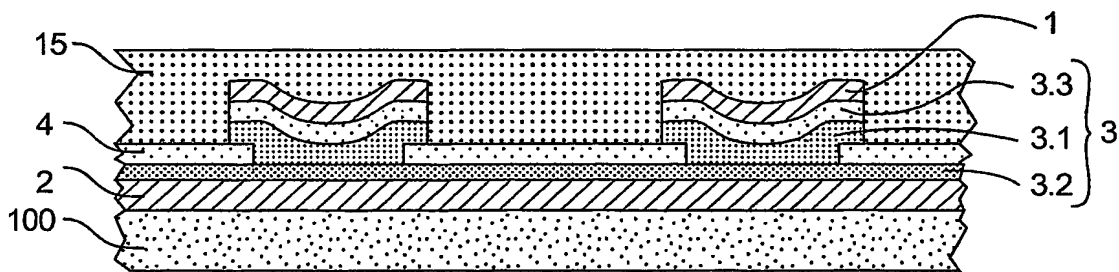


FIG. 4F

6 / 9

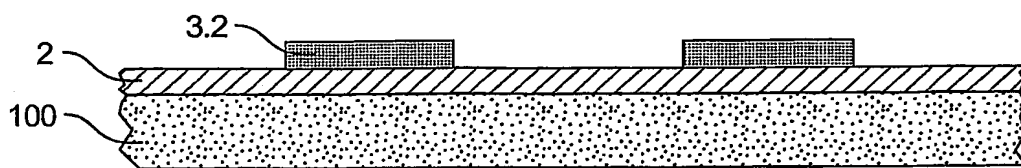


FIG. 5A

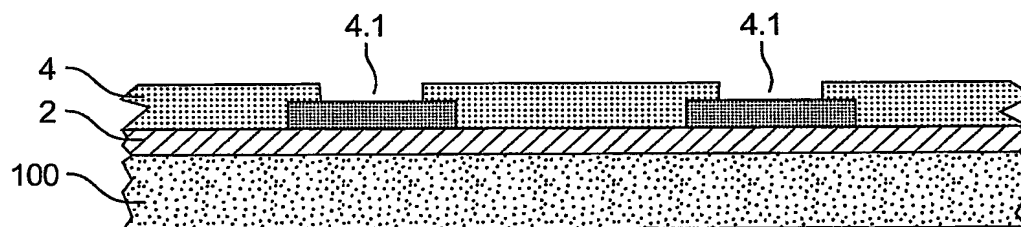


FIG. 5B

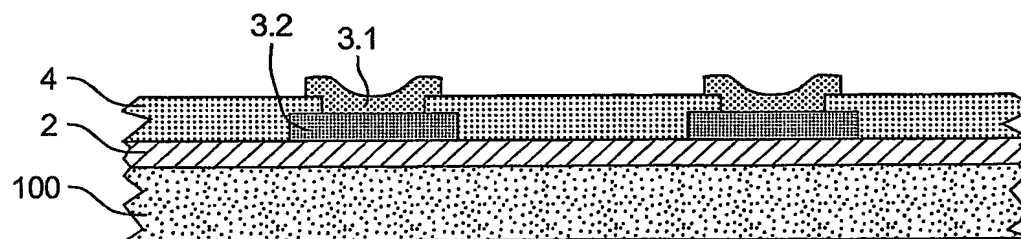


FIG. 5C

7 / 9

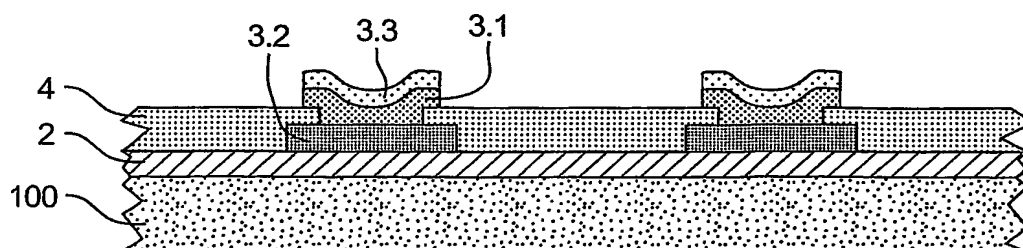


FIG. 5D

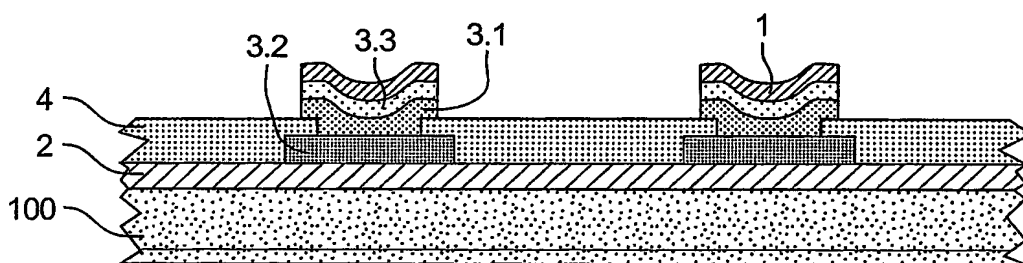


FIG. 5E

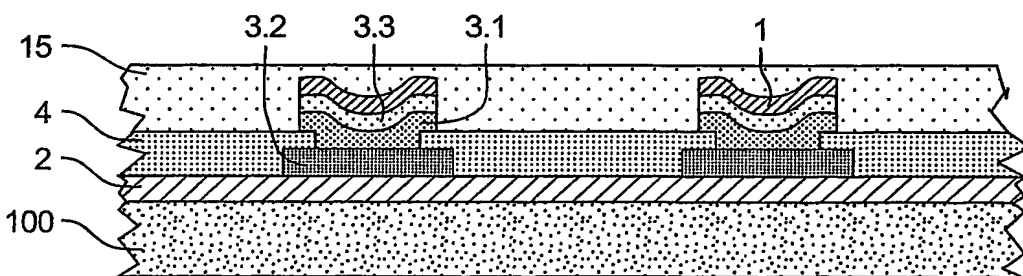


FIG. 5F

8 / 9

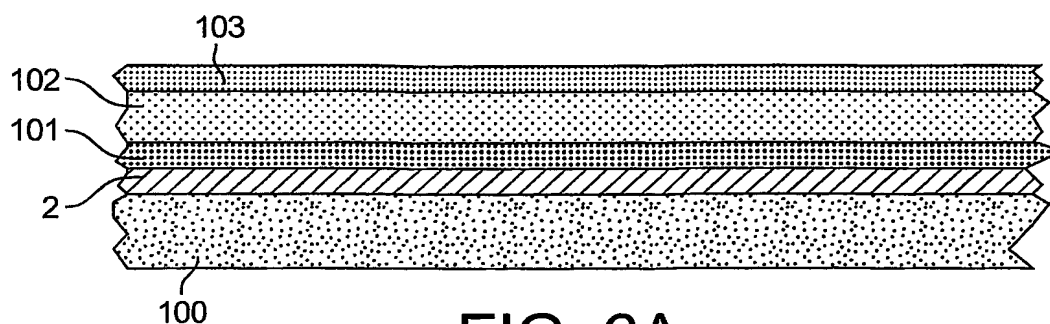


FIG. 6A

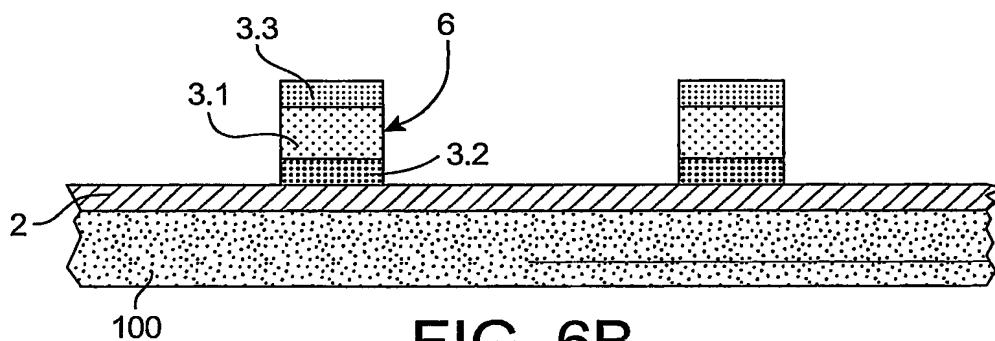


FIG. 6B

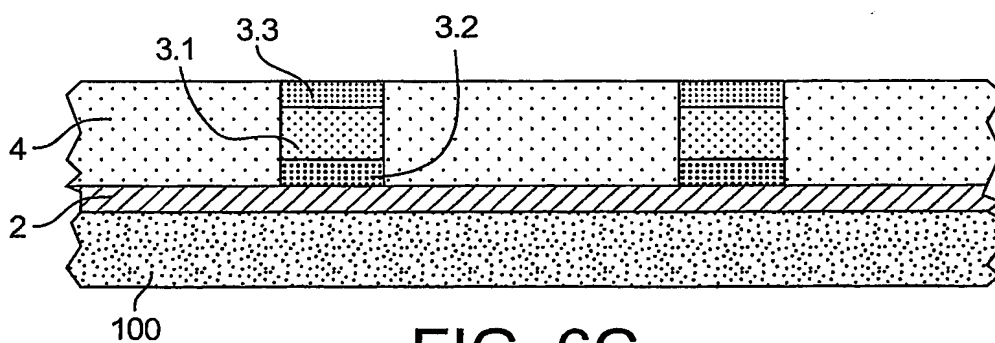


FIG. 6C

9 / 9

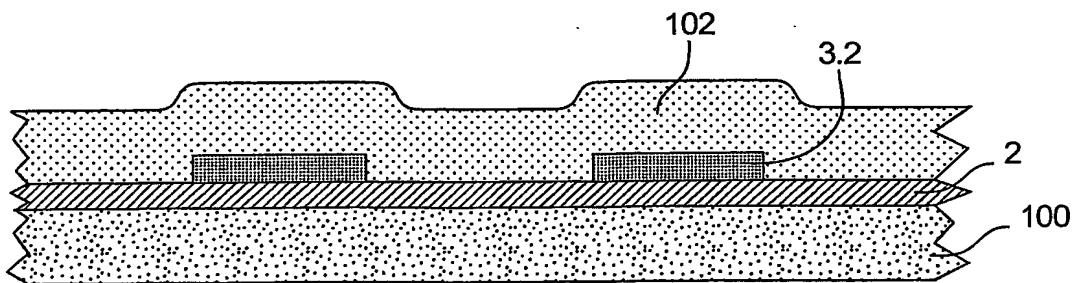


FIG. 7A

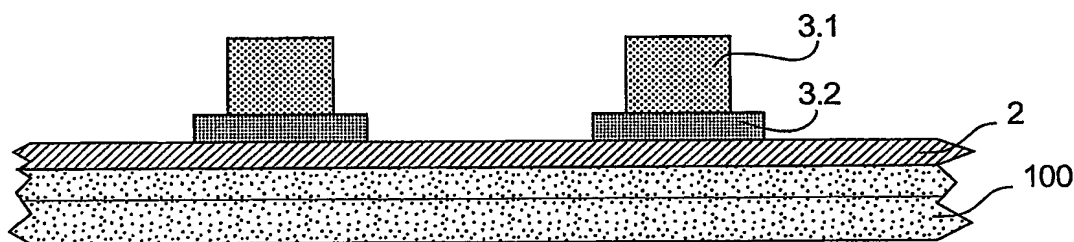


FIG. 7B

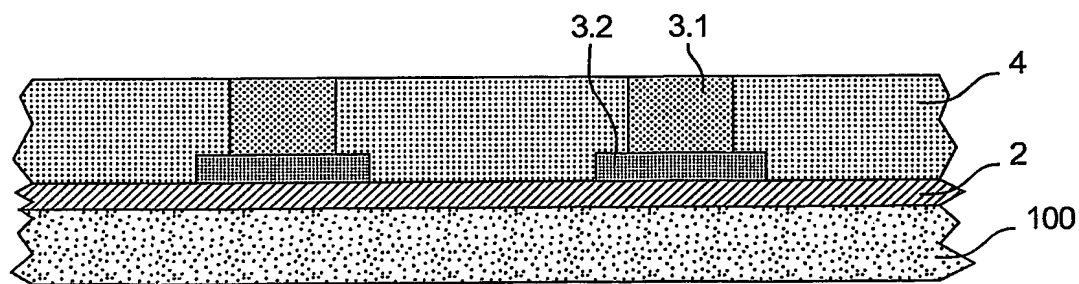


FIG. 7C